

SCM 2020

Prof. Caetano R. Miranda

IFUSP, São Paulo - Brazil

cmiranda@if.usp.br

Dra. Daniela Damasceno

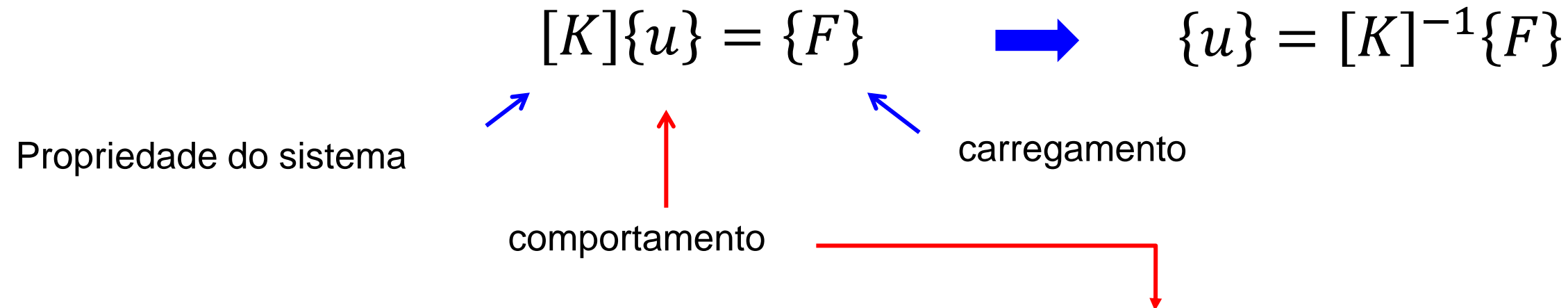
Dr. Alvaro Torrez

Introdução a Elementos Finitos - LAB FEM 2

27/11/2020

<https://github.com/Sampa-USP/scm2020/>

Objetivos



	Propriedade [K]	$\{u\}$	Carregamento
Elastico	Rigidez	Deslocamento	Força
Térmico	Condutividade	Temperatura	Fonte de calor
Fluido	Viscosidade	Velocidade	Força no corpo
Eletrostático	Permissividade Dielétrica	Potencial elétrico	Carga

Determinar!

Relações entre Tensão e Deformação

Caso mais geral 3D:

$$\{\sigma\} = [C]\{\varepsilon\}$$

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{XX} \\ \sigma_{YY} \\ \sigma_{ZZ} \\ \sigma_{YZ} \\ \sigma_{XZ} \\ \sigma_{XY} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} & c_{16} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} & c_{26} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} & c_{35} & c_{36} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} & c_{45} & c_{46} \\ c_{51} & c_{52} & c_{53} & c_{54} & c_{55} & c_{56} \\ c_{61} & c_{62} & c_{63} & c_{64} & c_{65} & c_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_{XX} \\ \varepsilon_{YY} \\ \varepsilon_{ZZ} \\ 2\varepsilon_{YZ} \\ 2\varepsilon_{XZ} \\ 2\varepsilon_{XY} \end{Bmatrix}$$

LabFEM 1 - Projeto De Uma Perna Protética Utilizando O Método dos Elementos Finitos

Motivação

- Próteses para alta performance esportiva;
- Designs inspirados nos modelos propostos pela Össur;
- <https://www.ossur.com.br/solucoes-proteticas/produtos/sport-solutions?view=products>

Objetivos

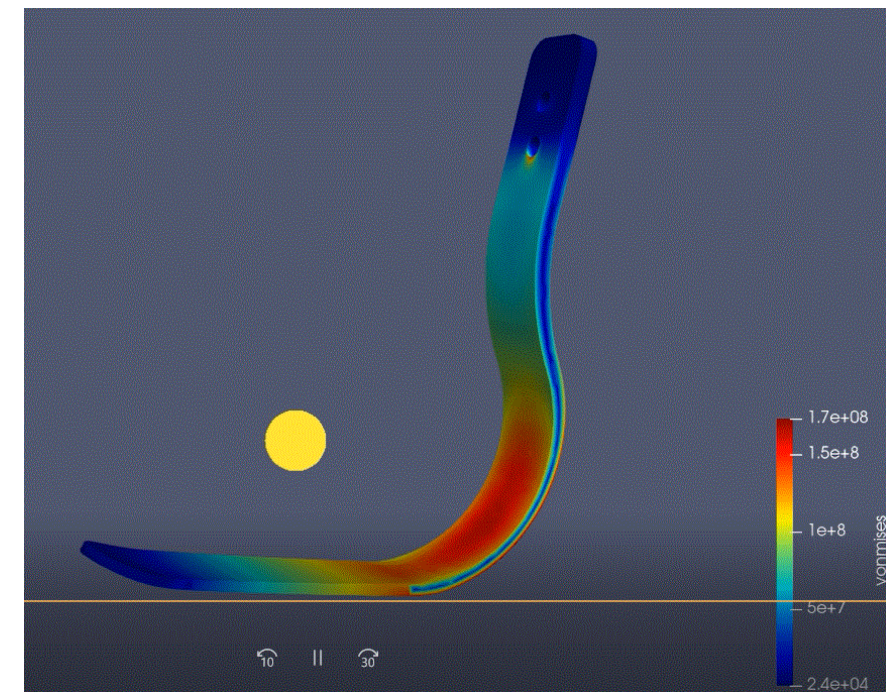
- Aplicar o método de elementos finitos (MEF) usando o software Elmer;
- Verificar as tensões e deslocamentos para um dado carregamento;



Flex-Run - Össur



Cheetah Xtend - Össur

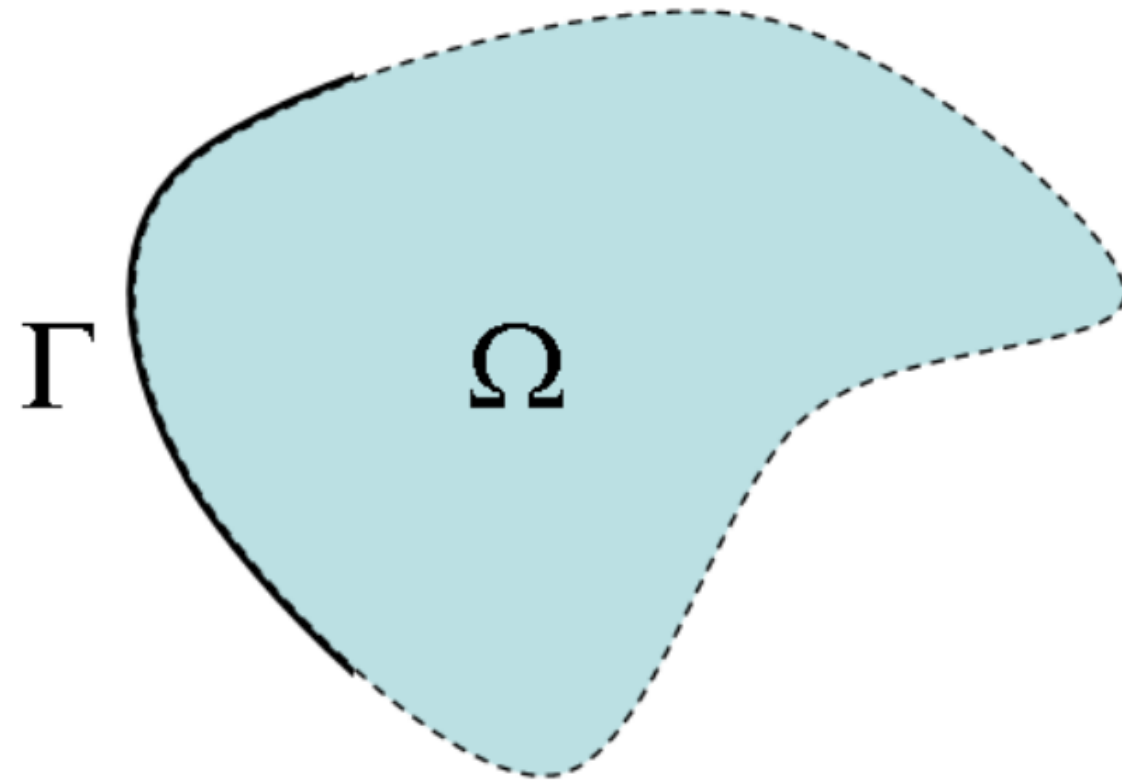


Laboratório MEF II:

Distribuição de temperatura numa bateria de íon-Li

**Simulação computacional de
materiais**

Difusão do calor



Ω , domínio
 Γ , fronteira

$$\begin{cases} -\kappa \Delta T = \rho f, & \Omega \\ T = cte, & \Gamma \end{cases}$$

κ , condutividade térmica
 T , temperatura
 ρ , densidade
 f , fonte de calor

Difusão do calor

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + q$$

$k_{x,y,z}$, condutividade térmica

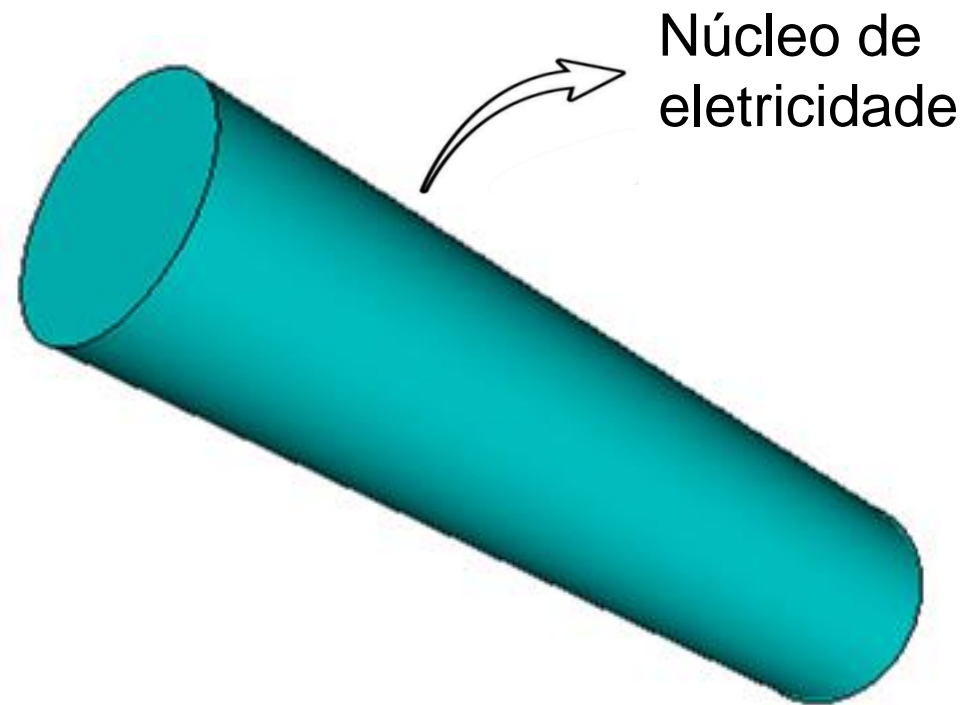
T , temperatura

ρ , densidade

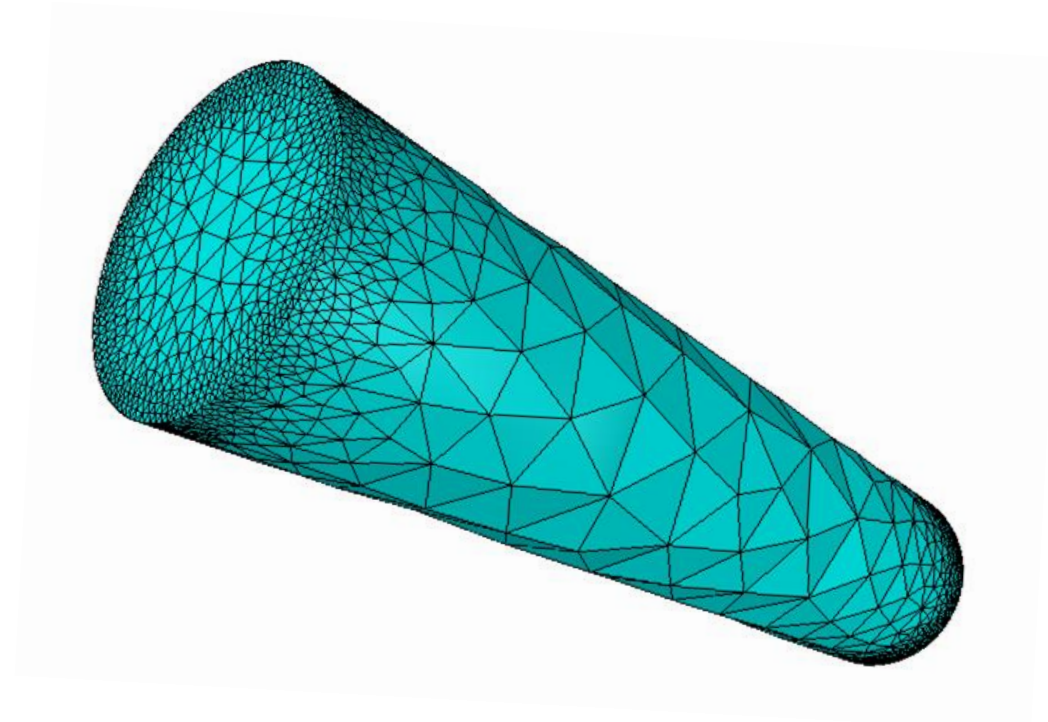
C_p , capacidade calorífica do material

q , geração interna de calor

Modelo da bateria

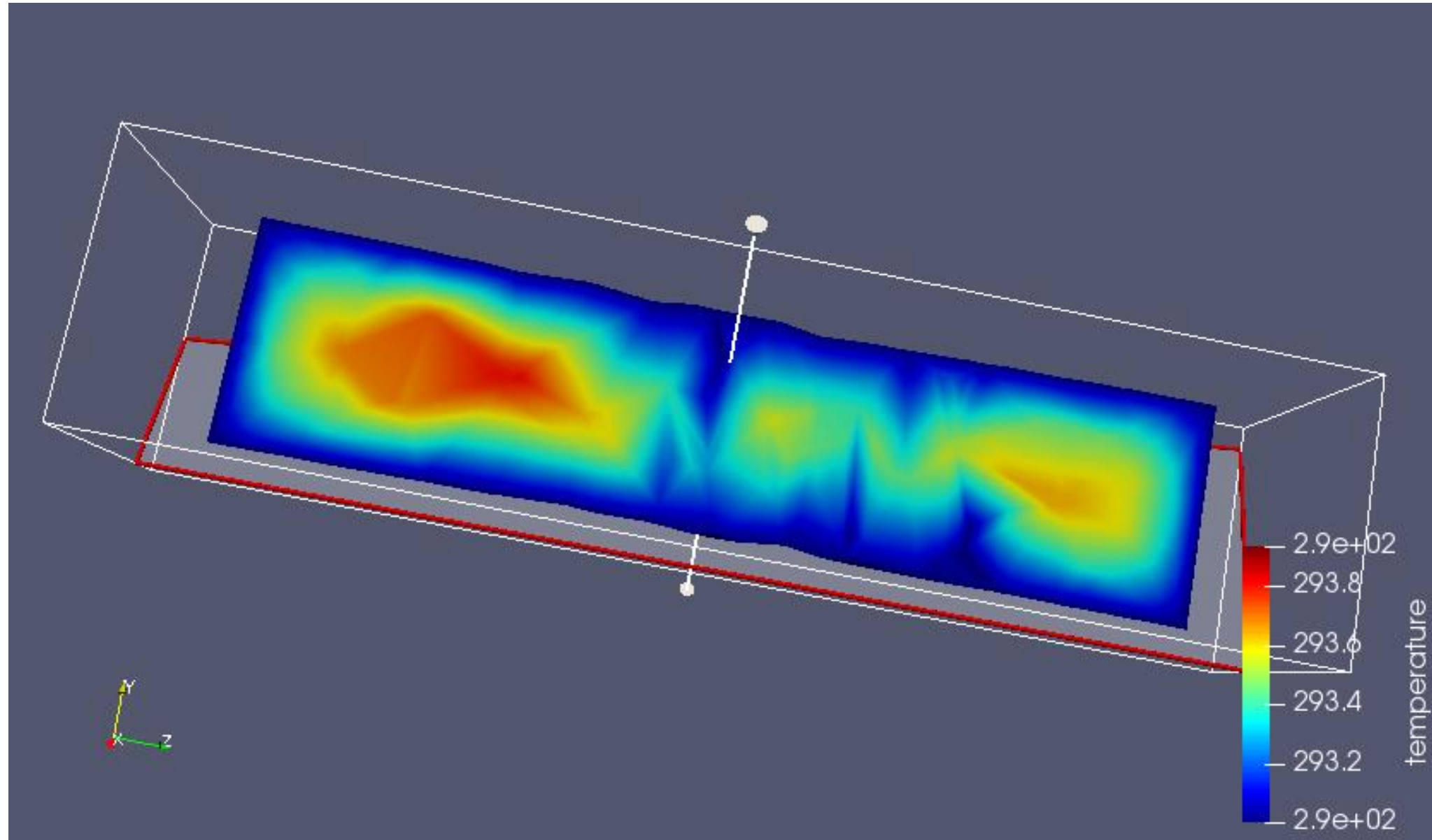


**Modelo estrutural 3D
simplificado**



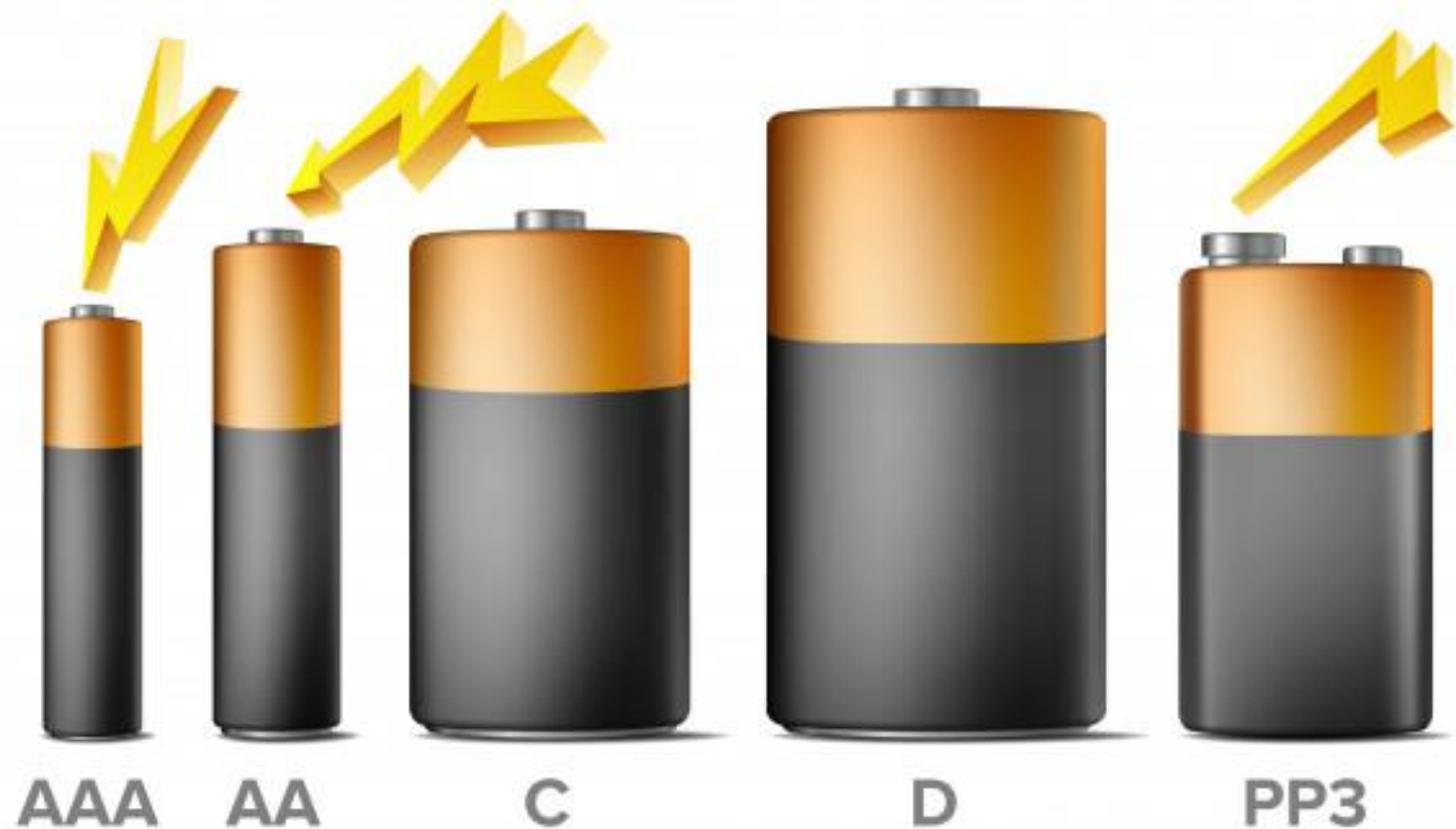
**Malha do modelo de
elemento finito da
bateria**

Resultados



Planilha para o relatório – Submissão 10/12/2020

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ih1H77HuIZx3h1La0eYPpX_9ldEGop1l3YzQ6wLbc1Q/edit#gid=0



Informações complementares

Difusão do calor

Utilizando a notação de operadores diferenciais:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \Delta T$$

Em que,

$$\alpha = \frac{\kappa}{C_p \rho}$$

α , difusividade

κ , condutividade térmica

ρ , densidade

C_p , capacidade calorífica do material

Difusão do calor

Substituindo:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\kappa}{C_p \rho} \Delta T$$

Organizando os termos da equação:

$$\kappa \Delta T = \underbrace{\rho C_p \frac{\partial u}{\partial t}}_f$$

função que representa a
fonte de calor

Procedimento da simulação

File

Open -> AAA.stp

View -> Cad model...

Model -> Preferences...

Restrict mesh size on surfaces by STL density = on

Apply

Mesh -> Remesh

Procedimento da simulação

Unificando as superfícies de contorno (selecionar com clique duplo + Ctrl)

Mesh

Unify Surface

Model

Setup

Simulation Type = Steady state

Steady state max. iter = 1

Apply

Procedimento da simulação

Model

Equation

Add

Name = Heat Equation

Apply to bodies = Body 1

Heat Equation

Active = on

Add, OK

Model

Material

Add

Material library

Li

Apply to bodies = Body 1

Add, OK

Procedimento da simulação

Model

Body Force

Add

Name = Heating

Heat Source = 0.01

Apply to bodies = Body 1

Add, OK

Model

BoundaryCondition

Add

Heat Equation

Temperature = 293.0

Name = RoomTemp

Add, OK

Procedimento da simulação

Model

Set boundary properties

Clique duplo na superfície do modelo

BoundaryCondition

RoomTemp

Sif

Generate

Edit -> look how your command file came out

File

Save Project